

PAT-NO: JP02001043650A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001043650 A

TITLE: MAGNETIC HEAD SLIDER

PUBN-DATE: February 16, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FURUICHI, SHINJI	N/A
MORI, YUKIO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HITACHI METALS LTD	N/A

APPL-NO: JP11213110

APPL-DATE: July 28, 1999

INT-CL (IPC): G11B021/21, C01B031/02, C23C016/27

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the film thickness of laminated films consisting of an outdoor air shielding film and DLC thin films added to air lubricating surfaces of a magnetic head slider.

SOLUTION: The air lubricating surfaces 3 of the magnetic head slider 2 provide with a recording element 7 and a reproduced element 8 have the laminated films 10 consisting of the outdoor air shielding film of 1 to 2 nm thickness in a tight and continuous state containing a group 4 element and the DLC thin films 4 of 0.5 to 2 nm thickness formed as discontinuous island-like structure films by interrupting film formation before the film structure of the continuous state is made in a film production process.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-43650

(P2001-43650A)

(43)公開日 平成13年2月16日 (2001.2.16)

(51)Int.Cl'

G 11 B 21/21

C 01 B 31/02

C 23 C 16/27

識別記号

1 0 1

1 0 1

F I

G 11 B 21/21

C 01 B 31/02

C 23 C 16/27

テ-マ-ド (参考)

1 0 1 K 4 G 0 4 6

1 0 1 Z 4 K 0 3 0

審査請求 未請求 請求項の数 4 OL (全 6 頁)

(21)出願番号

特願平11-213110

(71)出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72)発明者 古市 順治

栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式会社電子部品事業部内

(72)発明者 森 幸男

栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式会社電子部品事業部内

F ターム (参考) 40046 CA02 CB03 CC08 GA01 GB02

4K030 AA10 BA28 BB05 BB14 FA01

LA23

(54)【発明の名称】 磁気ヘッドスライダー

(57)【要約】

【課題】 磁気ヘッドスライダーの空気潤滑面に付加された、外気遮断膜とDLC薄膜からなる積層膜の膜厚を薄くする。

【解決手段】 磁気ヘッドスライダーの空気潤滑面に、第4族元素を含む緻密で連続した状態の1~2 nm厚の外気遮断膜と、製膜過程にて連続状態の膜構造に至る前に製膜を中断して、不連続状の島状構造膜にした0.5~2 nm厚の島状DLC薄膜からなる積層膜とする。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】記録素子と再生素子を備えた磁気ヘッドスライダーにおいて、前記磁気ヘッドスライダーの空気潤滑面は、主に第4族元素を含む一層もしくは二層以上で構成される外気遮断膜で被覆し、前記外気遮断膜全面には、連続膜に成る前に製膜操作を止めることにより形成した多数の島状DLC薄膜が分散して覆っていることを特徴とする磁気ヘッドスライダー。

【請求項2】前記外気遮断膜の膜厚は1.0nm以上、かつ2.0nm以下、前記島状DLC薄膜の膜厚は0.5nm以上、かつ2.0nm以下であることを特徴とする請求項1に記載の磁気ヘッドスライダー。

【請求項3】前記外気遮断膜は、第4族元素として珪素が含まれていることを特徴とする請求項1又は2に記載の磁気ヘッドスライダー。

【請求項4】前記島状DLC薄膜が前記外気遮断膜を覆っている面積の割合が40%以上、かつ100%未満の範囲であることを特徴とする請求項1から3に記載の磁気ヘッドスライダー。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録再生装置に装備される磁気ヘッドに係り、特に磁気ヘッドスライダーの記録媒体と対向する面に設ける積層膜の構造を工夫して更なる薄膜化によりスペーシングを減らして磁気ヘッドの高感度化を図る技術に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】ハードディスク装置に用いられる磁気ヘッドでは磁気記録特性の向上のために、磁気ヘッドスライダーと記録媒体との浮上距離の低減が求められている。このため、記録媒体の表面形状の制御のみならず磁気ヘッドスライダーの空気潤滑面の形状の工夫による低浮上化、空気潤滑面上にDLC (Diamond-Like-Carbon) 等の薄膜を形成して摺動時の摩擦力の低減を図っている。

【0003】一方、薄膜で形成された記録素子と再生素子を構成する材料は、外気中の水分や化学物質により腐食され易い材料が一部使用されている。このため記録媒体との摩擦低減のみならず腐食をも防止する積層膜が要求されている。

【0004】以上の課題に対して従来の技術では、記録再生素子を含む空気潤滑面全面に5~10nmの厚みで緻密なDLC薄膜を被覆し、摺動時の摩擦係数の低減と外気からの水分や化学物質の進入を防いで記録再生素子の腐食を防いでいる。

【0005】しかしながらDLC薄膜は一般的に大きな内部圧縮応力を有しているため、DLC薄膜のみを空気潤滑面に製膜しても空気潤滑面から剥離する。DLC膜の剥離を防ぐため、ATC (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC) 等の材料で構成された空気潤滑面とDLC薄膜の密着性を高め

るために珪素等を含んだ厚み1~3nmほどの薄膜を配している。

【0006】すなわち空気潤滑面上の薄膜は二層の積層構造になっており、珪素等を含んだ薄膜は空気潤滑面とDLC薄膜の密着力強化の役割を担い、DLC薄膜は記録再生素子の腐食防止機能と記録媒体との摺動時における摩擦係数低減の機能を担っている。

## 【0007】

【発明の解決しようとする課題】コンピューター等の記憶装置として用いられるハードディスク装置の記録密度は、磁気抵抗効果型再生素子 (MR, GMR素子) が実用化され、急激に向上した。高密度記録に伴う磁気媒体上の磁気信号の微弱化に対応するため、再生素子自体の高感度化のみならず、媒体から僅かに漏れる磁界を効率良く拾うために、記録媒体の磁性層表面から磁気ヘッドスライダーが備えている記録再生素子のギャップ部分までの距離 (以下、磁気的浮上量と言う) を出来る限り小さくする必要がある。

【0008】しかしながら、磁気ヘッドスライダー及び記録媒体の対向面側には各々の信頼性を上げる目的で保護膜が形成されている。磁気ヘッドスライダーには前述した二層構造の積層膜が付けられている。この記録媒体側の表面と磁気ヘッドスライダー側の表面の距離を一般的には磁気ヘッドスライダーの浮上量 (以下、物理的浮上量と言う) と呼ぶ。

【0009】記録密度を上げるために、物理的浮上量が0.05μmよりも小さくなっている現状においては、単純に物理的浮上量を減らすことは、記録再生時に記録媒体と磁気ヘッドスライダーの衝突等により、データ

エラー等が発生し易くなり信頼性の面から限界に近くなっている。物理的浮上量を下げずに磁気的浮上量を下げるには、磁気媒体の保護膜の厚みを薄くする、もしくは磁気ヘッドスライダーの空気潤滑面上の積層膜の厚みを薄くして磁気的浮上量と物理的浮上量を近づける必要がある。

【0010】磁気ヘッド側からの試みとしては、磁気ヘッドスライダーの空気潤滑面上の二層構造の積層膜の各々の膜厚を薄くする、もしくはDLC薄膜のみの単層にする検討がされている。

【0011】しかしながら単純に二層構造の積層膜の各々の膜厚を薄くするだけでは積層膜が記録再生素子の腐食を防止するほど緻密な膜にならず、また同様にDLC膜と空気潤滑面の間に配置した珪素等を含む薄膜が薄すぎて緻密な膜にならずに密着強度が落ちる問題が出てきた。

【0012】一方、空気潤滑面上にDLC薄膜だけの単層膜を形成する試みについては、DLC薄膜の大きな内部圧縮応力のため空気潤滑面との密着強度が得られず、剥離してしまう問題が解決できず採用は難しい。

【0013】本発明は前述の問題点を解決すべく、空気

潤滑面上のDLC薄膜を含む二層構造の積層膜を工夫して物理的浮上量を下げずに磁気的浮上量を下げるこことを可能とし、かつ薄膜素子の耐腐食性、摺動時の記録媒体との低摩擦特性維持が出来ることを目的とする。

## 【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明は、記録素子と再生素子を備えた磁気ヘッドライダーにおいて、前記磁気ヘッドライダーの空気潤滑面は、主に第4族元素を含む一層もしくは二層以上で構成される外気遮断膜で被覆し、前記外気遮断膜全面には、連続膜に成る前に製膜操作を止めることにより形成した多数の島状DLC薄膜が分散して覆っていることを特徴とする磁気ヘッドライダーである。

【0015】外気遮断膜の膜厚は1.0nm以上、かつ2.0nm以下、前記島状DLC薄膜の膜厚は0.5nm以上、かつ2.0nm以下であることを特徴とする磁気ヘッドライダーである。

【0016】外気遮断膜は、第4族元素として珪素が含まれていることを特徴とする磁気ヘッドライダーである。

【0017】島状DLC薄膜が前記外気遮断膜を覆っている面積の割合が40%以上、かつ100%未満の範囲であることを特徴とする磁気ヘッドライダーである。

【0018】以下、本願第一の発明について図1及び図2を用いて説明する。図1は本発明の磁気ヘッドライダー外観図、そして図2は図1上に記した磁気ヘッドライダー上のa-a'のラインを切断線としたときに現れる記録再生素子近傍の断面の模式形状である。

【0019】MR素子やGMR素子のように薄膜で形成された再生素子8と、記録素子7で構成される記録再生素子1を備えた、磁気ヘッドライダー2の空気潤滑面3上に島状DLC薄膜4と第4族元素を含むピンホール等の欠陥の無い緻密な外気遮断膜5で構成されている。

【0020】前記外気遮断膜5として使用する膜は主にスパッタリングにより製膜するが、均一で欠陥の無い膜を形成するためには少なくとも1.0nmの膜厚が必要である。また、外気遮断膜5を必要以上に厚くすると積層膜10全体の厚みが大きくなり磁気的浮上量が大きくなるので外気遮断膜5の膜厚が2.0nmを越えないようにする。外気遮断膜5を二層以上で構成する場合は、各層の合計膜厚が2.0nmを越えないようにする。ここで、積層膜10の厚みとは、外気遮断膜5の膜厚とDLC薄膜4の膜厚の和を指している。ただし、DLC薄膜の膜厚は後述するが、均一な連続膜でない島状であるので最も厚みの厚い箇所を膜厚と定義する。

【0021】外気遮断膜5の成分としてDLC薄膜の主成分である炭素と同族の元素（珪素、ゲルマニウム等の第4族元素）が含まれているため、島状DLC薄膜4と外気遮断膜5はなじみが良く互いの密着力が大きくなり、DLC薄膜の剥離を防止する効果がある。外気遮断

膜5を二層以上で構成した場合は、各層に成分の異なる膜を採用することもできる。

【0022】前記DLC薄膜4の構造は前記外気遮断膜5とは異なり、連続膜構造に成る前に製膜操作を止めることにより形成した多数の微細な島状である。この島状のDLC薄膜が分散して前記外気遮断膜5を被覆している。具体的にはアラズマCVDでDLC薄膜を製膜する際に従来よりも製膜速度を下げるか、製膜時間を短くすることにより、DLC薄膜が充分成長して連続膜になる

10 前に製膜を止め、不連続膜（島状構造膜）として実質的に膜厚を小さくする。

【0023】第4族元素を含む外気遮断膜5に記録再生素子1の腐食防止機能を持たせ、島状DLC薄膜4には低摩擦係数等の摺動特性向上のみの機能だけを持たせることにより、実質的な積層膜の膜厚を小さくすることが出来る。

【0024】即ち、本願第一の発明は、記録再生素子1を備えた磁気ヘッドライダー2において、前記磁気ヘッドライダーの空気潤滑面3は、主に第4族元素を含む緻密な外気遮断膜5で被覆され、前記外気遮断膜5の全面には、連続膜に成る前に製膜操作を止めることにより形成した多数の微細な島状DLC薄膜が分散して覆っている磁気ヘッドライダーである。

【0025】本願第二の発明は、第一の発明の磁気ヘッドライダーにおいて、前記外気遮断膜5の厚みは1.0nm以上、かつ2.0nm以下、島状DLC薄膜の膜厚は0.5nm以上、かつ2.0nm以下であることを特徴とする磁気ヘッドライダーである。

【0026】本願第三の発明について同じく第1図と第30図を用いて説明する。第一の発明の磁気ヘッドライダーと同様に、MR素子やGMR素子のように薄膜で形成された再生素子8と、記録素子7で構成される記録再生素子1を備えた、磁気ヘッドライダー2の空気潤滑面3上に、第4族元素を含むピンホール等の欠陥の無い緻密な外気遮断膜5と、島状DLC薄膜4とで構成されている。前記外気遮断膜5の材質としては、アモルファス珪素膜又は、二酸化珪素膜、塗化珪素等の珪素の酸化物、炭化物、塗化物などが使用できる。

【0027】特に珪素による外気遮断膜5は単一元素により構成するので化合物薄膜よりも薄い状態でも欠陥の無い膜が形成出来る上、微細な島状DLC薄膜で覆われなかった部分のアモルファス珪素膜表面は、自然酸化されて耐環境性の良い二酸化珪素に変化するため、外気遮断膜として優れている。外気遮断膜5に含まれる第4族元素として珪素が含まれていることを特徴としている。

【0028】即ち第三の発明は外気遮断膜5に、第4族元素として珪素が含まれていることを特徴とする発明一と二の磁気ヘッドライダーである。

50 【0029】本願第四の発明は、第一から三の発明の磁

気ヘッドスライダーにおいて、外気遮断膜5の40%以上の面積を島状DLC薄膜が分散して覆っていれば、CSS特性の悪化が見られない。前記外気遮断膜の40%以上、かつ100%未満の範囲で覆っていることを特徴とする発明第一から第三の磁気ヘッドスライダーである。

## 【0030】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について説明する。図1は本発明の一実施例を示す磁気ヘッドスライダーの外観図である。磁気ヘッドスライダー2の空気潤滑面3上にピンホール等の欠陥の無い連続したアモルファス珪素膜で形成された外気遮断膜5があり、その上に微細な島状DLC薄膜4が分散して形成されており、外気遮断膜5と島状DLC薄膜で積層膜10を構成している。

【0031】本発明では外気遮断機能を持たせるアモルファス珪素膜を、スパッターを用い製膜し、島状DLC薄膜はECRプラズマCVDを用いて製膜を行った。

【0032】外気遮断膜5と島状DLC薄膜4からなる積層膜10の形成に使用した装置には、ロードロック方式を採用した。外気遮断膜5を製膜するスパッター室と、島状DLC薄膜4を製膜するプラズマCVD室がロードロック室を介して分離されている。スパッター室とプラズマCVD室は、ロードロック室を介して試料の移動を行うことが出来る。このため積層膜を形成する場合、一層目の外気遮断膜5の製膜終了後、真空を破らずに二層目の島状DLC薄膜4を形成出来るため、アモルファス珪素で構成される一層目の外気遮断膜5と二層目の島状DLC薄膜4の界面に珪素酸化物等が生じない。

【0033】スパッター室内に移送した試料は表面の有機物等の除去等のために、アルゴンガス流量30sccm、圧力1.5Pa、RF電力150Wの条件にてイオノミリングを行った。この後、同室でアルゴンガス流量30sccm、圧力0.66Pa、RF電力200W、\*

\*製膜時間40秒で膜厚2.0nmのアモルファス珪素膜の製膜を行った。ロードロック室を介して試料をプラズマCVD室に移送し、ECRプラズマCVDにて、原料ガスであるメタン流量30sccm、圧力0.66Pa、マイクロ波電力200W、RF電力100Wの条件で膜厚1.5nmのDLC薄膜を形成した。2.0nm厚の外気遮断膜5と1.5nm厚の島状DLC薄膜4で構成された3.5nm厚の積層膜10を形成した。

【0034】上記の条件で形成した積層膜10を、原子間力顕微鏡にて表面形状を観察することによりDLC薄膜が連続膜でなく、島状構造を呈する不連続膜であることが確認された。また同時に外気遮断膜5の全面積に対して、島状DLC薄膜の総面積が85%であることも確認した。

【0035】外気遮断膜5および島状DLC薄膜4の各々の効果を確認するため、外気遮断膜5を0.5~3.0nmの範囲で製膜し、島状DLC薄膜4を1.5nm製膜した試料を用い、環境試験を行った。また、外気遮断膜5を2.0nm製膜したのち、島状DLC薄膜4を0.4~1.5nmの範囲で製膜し、CSS試験を行った。

【0036】外気遮断膜5を、0.5~3.0nmの範囲で約0.3nm間隔で8試料製膜した。島状DLC薄膜は1.5nmの膜厚とした。環境試験はPCT (Pressure Cooker Test)を行い記録再生素子1に腐蝕が発生したものを不良とした。PCTの条件は圧力容器に10<sup>8</sup>~10<sup>9</sup> (Ω-cm) の電気抵抗を持つイオン交換水と、試料を入れ121°Cに100時間保持した。121°Cの温度下では、湿度100%、2気圧の条件となる。表1に外気遮断膜5の膜厚とPCT結果を示す。

## 【0037】

## 【表1】

外気遮断膜 膜厚 (nm)	島状DLC薄膜 膜厚 (nm)	環境試験結果
0.5	1.5	腐蝕あり
0.8	1.5	腐蝕あり
1.1	1.5	腐蝕なし
1.4	1.5	腐蝕なし
1.7	1.5	腐蝕なし
2.1	1.5	腐蝕なし
2.5	1.5	腐蝕なし
3.0	1.5	腐蝕なし

【0038】表1に示す結果から判るように、外気遮断※50※膜5の膜厚が1.0nm未満の場合記録再生素子1に腐

触が発生していることから、外気遮断膜5の厚みは1.0nm以上必要であることが判る。1.0nm以上で厚い分には外気遮断効果は増加するため問題は無いが、前述した物理的浮上量の低下に繋がるため好ましいものではないため、2.0nm以下に抑えることが良い。

【0039】次に、島状DLC薄膜4効果を確認するため、外気遮断膜5を2.0nm製膜したのち、島状DLC薄膜4を0.4~1.5nmの範囲で約0.3nm間隔で4試料製膜し、CSS試験を行った。CSS試験は10万回まで行い、磁気ヘッドスライダーの空気潤滑面および磁気媒体表面の傷付き状態と、磁気ヘッドスライ

ダーの記録再生特性再現率で評価した。記録再生特性の\*

\*再現率Rは、CSS試験用磁気媒体とは別個に準備した磁気媒体を用い、CSS試験する前に記録再生した出力電圧V0とCSS試験後に記録再生した出力電圧V1との比率で、 $R = V1 / V0 * 100$  (%)で求めた。表2に島状DLC薄膜の膜厚と島状DLC薄膜の外気遮断膜の被覆率、CSS試験の傷発生状況、記録再生特性の再現率Rを示す。比較のために5nmの厚みで連続したDLC薄膜を付加した磁気ヘッドスライダーも同時に試験した。

10 【0040】

【表2】

外気遮断膜 膜厚(nm)	島状DLC薄 膜膜厚(nm)	島状DLC薄 膜の被覆率(%)	CSS試験結果 累10万回	記録再生特性 再現率R(%)
2.0	0.4	35	傷発生	30
2.0	0.6	55	傷なし	100
2.0	1.0	70	傷なし	98
2.0	1.5	85	傷なし	102
2.0	5.0	100	傷なし	99

【0041】表2に示す結果から判るように、島状DLC薄膜4の膜厚が0.5nm以下、外気遮断膜5の全面積に対する被覆率が40%以下では、10万回のCSS回数に達する前に磁気ヘッドスライダーおよび磁気媒体に肉眼で確認できるような傷が入った。記録再生特性の劣化も大きく再現率Rも30%以下と、記録再生素子1も損傷を受けていることが確認された。島状DLC薄膜の膜厚が0.5nm以上あれば、10万回のCSS試験後も磁気ヘッドスライダーおよび磁気媒体に付く傷は、5nmの膜厚で付けた連続したDLC薄膜と同レベルであった。また、記録再生特性再現率Rも98~102(%)と測定誤差範囲と考えられるレベルである。これらのことから、島状DLC薄膜の膜厚が0.5nm以上あれば、連続したDLC薄膜と同等の摺動特性を確保出来ることが判る。

【0042】外気遮断膜5の膜厚は1.0nm以上、島状DLC薄膜4の膜厚は0.5nm以上あれば、記録再生素子1の外気からの遮断効果および摺動特性が得られることが判る。膜厚の上限は物理的および磁気的浮上量から決まる事であるが、記録密度を上げる点から2nmとした。以上のことから、外気遮断膜5の膜厚は1.0nm以上、かつ2.0nm以下とし、島状DLC薄膜4の膜厚を0.5nm以上、かつ2.0nm以下とし、外気遮断膜5の全面積に対する島状DLC薄膜4の被覆率が40%以上、かつ100%未満に規定した。

30 【0043】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本発明は、第4族元素を含む緻密で連続した状態の外気遮断膜と、製膜過程にて連続状態の膜構造に至る前に製膜を中断して、不連続状の島状構造膜にしたDLC薄膜からなる、積層膜とすることにより、記録再生素子に対する腐食防止能力、記録媒体に対する低摩擦係数性能を落とすことなくDLC薄膜の実質的な膜厚を減少させて磁気的浮上量を小さく出来るため、磁気ヘッドの感度を高める事ができる。

【図面の簡単な説明】

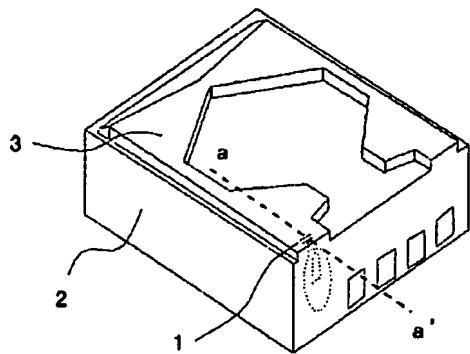
【図1】本発明の磁気ヘッドスライダーの外観図

【図2】本発明の記録再生素子近辺の断面図

【符号の説明】

1 記録再生素子、2 磁気ヘッドスライダー、3 空気潤滑面、4 島状DLC薄膜、5 外気遮断膜、7 記録素子、8 再生素子、10 積層膜

【図1】



【図2】

